

Е.М. Ковш, П.Н. Ермаков, Е.В. Воробьева

**ОСОБЕННОСТИ ВЫЗВАННОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА
ПРИ ОЦЕНКЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ОКРАШЕННЫХ СЦЕН
У ДЕВУШЕК С РАЗНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ПОЛИМОРФИЗМА
VAL158MET (G472A) COMT**

Статья посвящена анализу результатов исследования особенностей амплитудно-временных и пространственных характеристик вызванной активности мозга при оценке эмоционально окрашенных стимулов девушек с разными генотипами полиморфизма Val158Met (G472A) COMT. Представлен современный взгляд на функции полиморфизма Val158Met (G472A) гена COMT, а также — на его взаимосвязь с эмоциональными, когнитивными и личностными особенностями носителей. Проанализирована связь между спецификой строения гена и мозговыми механизмами, принимающими участие в оценке эмоционально значимых стимулов. Библиогр. 15 назв. Ил. 4.

Ключевые слова: психогенетика, вызванные потенциалы, ген COMT, дофамин, префронтальная кора, миндалина, эмоции.

E. M. Kovsh, P. N. Ermakov, E. V. Vorobëva

**PECULIARITIES OF THE EVOKED BRAIN ACTIVITY IN RANKING THE EMOTIONALLY
CHARGED SCENES BY WOMEN WITH DIFFERENT GENOTYPES OF VAL158MET (G472A)
COMT POLYMORPHISM**

The article presents the results of a study on the spatio-temporal and amplitude characteristics of stimulated brain activity in ranking emotionally-charged scenes in 61 right-handed women, aged from 18 to 24 years, with different genotypes of Val158Met (G472A) COMT polymorphism (GG connotes high activity of the enzyme COMT, the average level of dopamine in the prefrontal brain areas; GA middle ranking COMT activity with an above average dopamine level; AA low activity of the enzyme COMT with a high concentration of dopamine in the prefrontal brain cortex). The contemporary view of the Val158Met (G472A) polymorphism of COMT gene functions and its links with emotional, cognitive and personality characteristics are considered. The relationship between the specifics of the

Ковш Екатерина Михайловна — аспирант, Академия психологии и педагогики Южного федерального университета, Российская Федерация, 344038, Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 13; emkovsh@sfedu.ru

Ермаков Павел Николаевич — академик РАО, доктор биологических наук, профессор, Академия психологии и педагогики Южного федерального университета, Российская Федерация, 344038, Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 13; psyf@sfedu.ru

Воробьева Елена Викторовна — доктор психологических наук, профессор, Академия психологии и педагогики Южного федерального университета, Российская Федерация, 344038, Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 13; evorob@sfedu.ru

Kovsh Ekaterina M. — postgraduate student, Academy of Psychology and Educational Sciences, Southern Federal University, 13, pr. M. Nagibina, Rostov-na-Donu, 344038, Russian Federation; emkovsh@sfedu.ru

Ermakov P.N. — Academician, Doctor of Biology, Professor, Academy of Psychology and Educational Sciences, Southern Federal University, 13, pr. M. Nagibina, Rostov-na-Donu, 344038, Russian Federation; psyf@sfedu.ru

Vorobëva E. V. — Doctor of Psychology, Professor, Academy of Psychology and Educational Sciences, Southern Federal University, 13, pr. M. Nagibina, Rostov-na-Donu, 344038, Russian Federation; evorob@sfedu.ru

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (тема 213.01-03/2016-4 «Агрессивные и враждебные поведенческие стратегии у лиц с разными ДНК-маркерами»).

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2016

structure of the gene and the brain mechanisms involved in the assessment of emotionally-charged stimuli, are described Refs 15. Figs 4.

Keywords: psychogenetics, VEPs, gene COMT, dopamine, prefrontal brain cortex, amygdala, emotions.

Известно, что структура генов влияет на концентрацию нейротрансмиттеров в нервной системе, которая, в свою очередь, воздействует на интенсивность, продолжительность и полярность эмоциональных реакций их носителей [1–3]. На сегодняшний день признается полигенный характер наследования психофизиологических признаков [4–6]. К числу генов, оказывающих влияние на эмоциональные, поведенческие реакции и личностные особенности (такие, как тревожность, агрессивность, склонность к возникновению панических атак, развитию алкоголизма, обсессивно-компульсивного расстройства, частых обострений различных психических заболеваний), относится ген катехол-О-метилтрансферазы COMT, вызывающий интерес у многих ученых за счет своей тесной связи с концентрацией дофамина [5–8]. В зависимости от сочетания аллелей Met (A) и Val (G), имеется три варианта генотипа полиморфизма Val158Met COMT: GG (высокая активность энзима КОМТ, средний уровень дофамина в межсинаптическом пространстве префронтальных отделов), GA (промежуточная активность, уровень дофамина выше среднего), AA (низкая активность энзима КОМТ, высокая концентрация дофамина в межсинаптическом пространстве) [6].

Нейромедиатор дофамин концентрируется в структурах лимбической системы, базальных ганглиях, префронтальной коре [1]. С уровнем его концентрации связывают особенности протекания когнитивных процессов (в особенности — внимания и памяти, механизмов познания и обучения), также с ним тесно связаны настроение, система поощрения и наслаждения; движения [4–8]. Ввиду наличия перечисленных функций, все чаще появляются исследования, посвященные изучению взаимосвязи особенностей дофаминовой системы (как мозгового субстрата, входящего в ее состав, так и концентрации нейротрансмиттеров) со спецификой протекания эмоциональных, когнитивных и двигательных процессов в норме и патологии [5–9]. В том числе в последнее время получила распространение теория о перестройке дофамин-зависимой нейронной активности в связанных между собой зрительном и лимбическом путях «кора-базальные ганглии-таламус-кора» [10].

Однако связь между полиморфными вариантами гена COMT и различными психофизиологическими характеристиками, отражающими мозговую активность, до сих пор изучена недостаточно.

Целью нашего исследования явилось изучение пространственно-временных и амплитудных характеристик вызванной активности мозга при оценке эмоционально окрашенных сцен у девушек с разными генотипами полиморфизма Val158Met (G472A) COMT.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняла участие 61 праворукая девушка в возрасте 18–24 лет. Испытуемые были поделены на группы в зависимости от имеющегося генотипа: GG, GA, AA. Для определения полиморфных вариантов гена было использовано оборудование термоциклер Rotor-Gene 6000 центра коллективного пользования

Южного федерального университета «Высокие технологии». Далее нами проводилась регистрация зрительных вызванных потенциалов в 64-х отведениях в ответ на предъявление стимулов, отнесенных к различным группам («нейтральные», «позитивные», «агрессивные», «толерантность», «экстремизм, терроризм») методом экспертных оценок. В группы стимулов было включено по 115 изображений, каждое из которых предъявлялось однократно. Физические параметры стимулов были уравнены: цвет черно-белый, одинаковые размер, яркость и контраст. Для регистрации ВП использовался электроэнцефалограф NVX-136 («МКС», Россия). Эпоха анализа составила $[-100; 600]$ мс. В целях обработки и анализа записей был использован пакет EELab для программы MatLab. Для статистической обработки данных был применен t -критерий Стьюдента с поправкой Холма на множественные сравнения; уровень значимости различий $p \leq 0,001$.

Испытуемым была дана инструкция оценивать каждое изображение по его эмоциональной валентности (негативное, нейтральное, позитивное).

Результаты

На рис. 1 представлены топографические карты вызванной активности мозга, полученные в результате сравнения среднегрупповых ответов обладательниц различных генотипов на предъявление изображений, отнесенных к группам «ней-

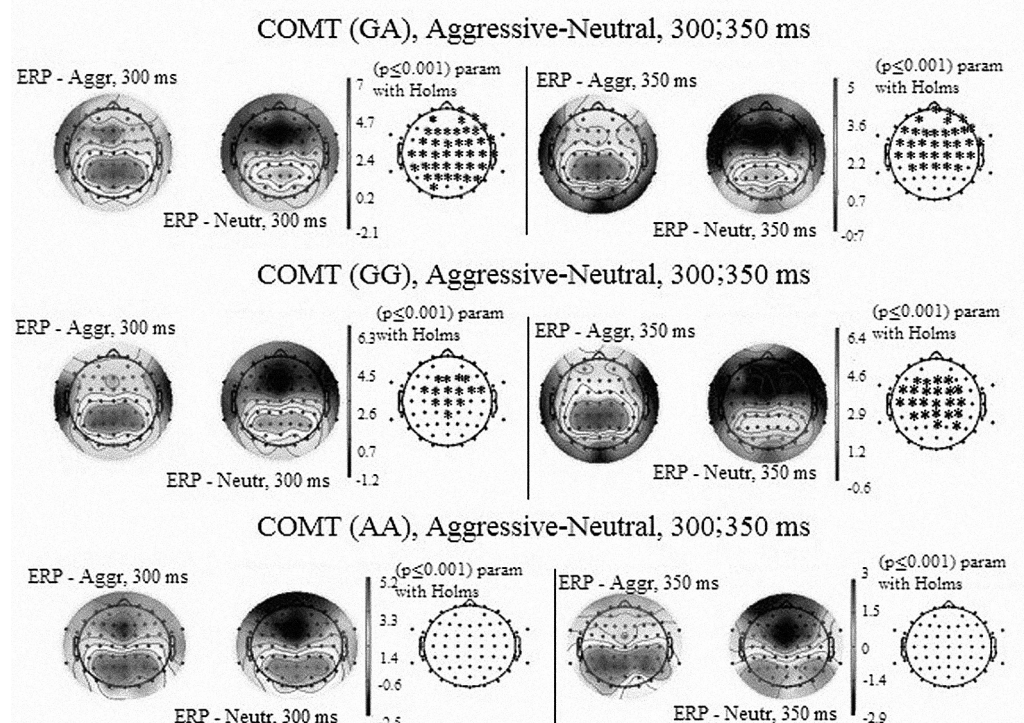


Рис. 1. Карты ВП в ответ на изображения категорий «агрессивные» и «нейтральные» групп испытуемых с разными генотипами полиморфизма Val158Met COMT, латентный период 300; 350 мс

Примечание: символами (*) на схеме расположения электродов отмечены достоверно значимые различия в вызванной активности областей мозга в ответ на стимулы указанных категорий, $p \leq 0,001$.

тральные» и «агрессивные». Согласно полученным результатам, при оценке «агрессивных» изображений у носителей аллеля G был зарегистрирован ярко выраженный компонент P300 во всех областях коры головного мозга при его отсутствии в ответ на изображения нейтрального характера; также был отмечен рост позитивности поздних компонентов ВП (в районе 400–600 мс), что может свидетельствовать о более сложной когнитивной обработке стимулов указанной группы и отражать процесс детекции эмоционального значения стимула. В областях T5, T6, P5, P6 наблюдается увеличение амплитуды компонента N170 и уменьшение позитивности в районе 200 мс при оценке «агрессивных» стимулов, что может быть связано с большей концентрацией внимания на изображениях данной группы [3, 11].

У испытуемых с генотипом AA различия в компонентах ВП в ответ на «нейтральные» и «агрессивные» стимулы выражены слабо и представлены в увеличении амплитудно-временных характеристик компонента P200, связанного в данном случае с привлечением внимания к стимулам группы «агрессивные».

При оценке изображений группы «экстремизм, терроризм», по сравнению с «нейтральными», значимые различия в вызванной активности мозга продемонстрировали носители генотипа GA (рис. 2). Согласно полученным данным, амплитуда компонента P300 в центральных и задних областях коры головного мозга при оценке изображений группы «экстремизм, терроризм» достоверно более высокая. У носителей генотипа GG отмечаются схожие различия преимущественно в париетально-окципитальных областях обоих полушарий. У обладателей генотипа AA указанные различия выражены в меньшей степени.

При оценке изображений группы «толерантность», на которых демонстрировались культурные, субкультурные, религиозные, этнические и др. особенности, все испытуемые продемонстрировали различия в амплитудных характеристиках

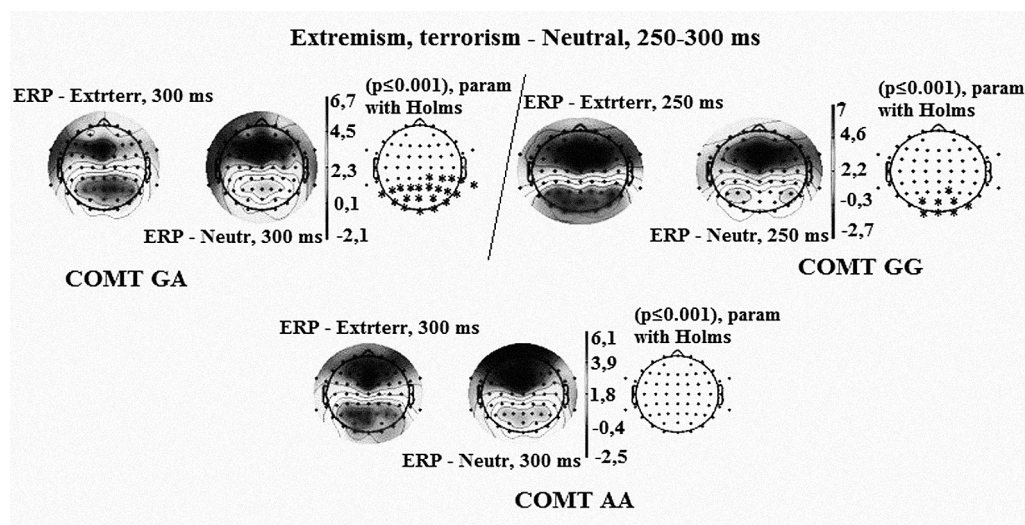


Рис. 2. Карты ВП в ответ на изображения категорий «экстремизм, терроризм» и «нейтральные» групп испытуемых с разными генотипами полиморфизма Val158Met COMT, латентный период 250–300 мс

Примечание: символами (*) на схеме расположения электродов отмечены достоверно значимые различия в вызванной активности областей мозга в ответ на стимулы указанных категорий, $p \leq 0,001$.

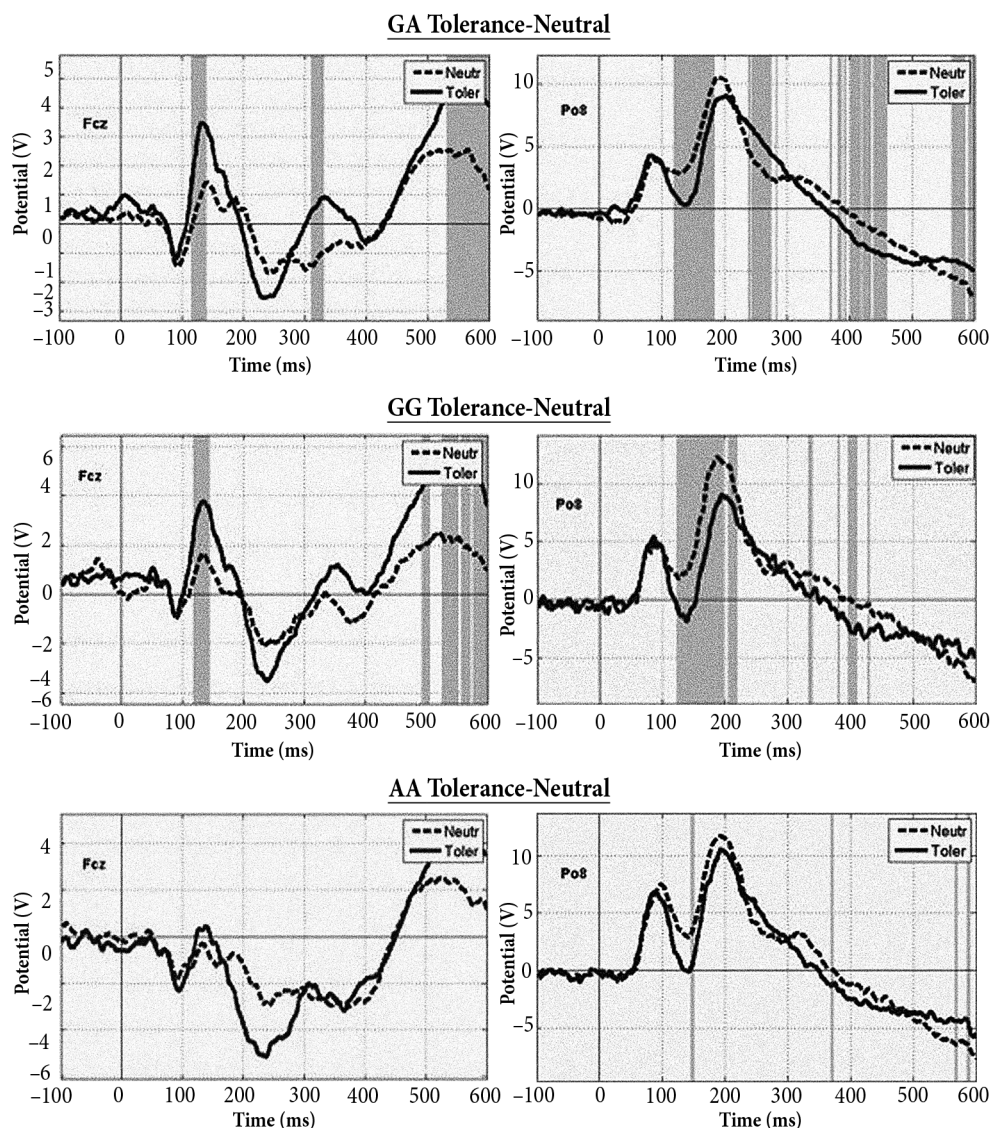


Рис. 3. ВП во фронто-центральных и париетально-окципитальных отведениях в ответ на изображения категорий «толерантность» и «нейтральные» групп испытуемых с разными генотипами полиморфизма Val158Met COMT

Примечание: вертикальными линиями указаны достоверно значимые различия между компонентами ВП в ответ на нейтральные (пунктир) изображения и стимулы группы «толерантность» (сплошная линия), $p \leq 0,001$.

поздних компонентов ВП (550–600 мс; рис. 3), что может быть связано с активизацией памяти [3, 12], более трудным узнаванием стимулов ввиду их сложности [11, 13], а также с особенностями процесса детекции эмоционального значения стимула [14]. При этом у носителей генотипа GG наблюдается увеличение амплитуды поздних компонентов во всех областях коры, у носителей GA — от фронто-центральных к окципитальным отделам, в то время как у обладателей генотипа AA обозначенные

различия отсутствуют во фронтальных участках коры, а отмечены в центральных, париетальных и окципитальных, что может быть связано с особенностями длительного пребывания дофамина в межсинаптическом пространстве префронтальных отделов у данной группы испытуемых и его длительным активирующим влиянием в ответ на разные стимулы (как целевые, так и фоновые) [7, 9].

Рисунки усредненных вызванных потенциалов обладателей генотипов GA и GG в ответ на «позитивные» стимулы, по сравнению с «нейтральными», схожи: обнаружены статистически значимые различия, выраженные в увеличении амплитуды ранних, средних и поздних компонентов ВП во фронтальных, фронто-центральных, центральных, теменных, париетально-окципитальных и окципитальных областях, а также уменьшение латентного периода компонентов ВП в ответ на «позитивные» стимулы (рис. 4). Данные различия могут свидетельствовать о большей выраженности эмоциональной и когнитивной реакции у носителей аллеля G при оценке эмоционально окрашенных стимулов позитивного характера, по сравнению с нейтральными [13]. При этом отмечено снижение амплитуды компонента P2 в париетальных отделах, что может быть связано с большей концентрацией внимания при просмотре данной группы изображений.

У обладателей генотипа AA различия в амплитудно-временных и пространственных характеристиках ВП в описанных выше областях мозга выражены в меньшей степени: во фронто-центральных отделах наблюдается появление компонента P300 при оценке позитивных стимулов, в центральных зонах зарегистрированы различия в поздних компонентах ВП; также отмечено увеличение негативности в районе 170 мс (N170) в правой и левой зонах ТРО (границы темпоральных, париетальных и окципитальных областей), что может свидетельствовать о повышении концентрации внимания к стимулам данной группы [3, 11].

Выводы

Согласно полученным данным, испытуемые, имеющие аллель G (генотипы GG, GA), демонстрируют более успешную дифференциацию целевых (эмоционально окрашенных) и фоновых (нейтральных) стимулов, что выражается в достоверных различиях в компонентах ВП. Вызванная активность мозга обладателей генотипа AA в ответ на нейтральные и эмоционально окрашенные стимулы имеет больше сходств, чем различий. Данный факт может быть объяснен наличием высокой концентрации дофамина в префронтальной коре, которая, видимо, связана со снижением способности носителей гомозиготы AA гена COMT к адекватной оценке эмоциональной значимости стимулов. Последнее может проявляться как в отсутствии выраженной реакции на различные виды стимулов, так и в присутствии эмоционального ответа (положительного, отрицательного или тревожного) одинаковой силы в ответ на стимулы различной валентности и смысловых категорий.

Таким образом, длительные активирующие влияния, оказываемые высокой концентрацией дофамина на префронтальные области коры, вероятно, способствуют формированию особой эмоциональной чувствительности носителей гомозиготных аллелей A гена COMT.

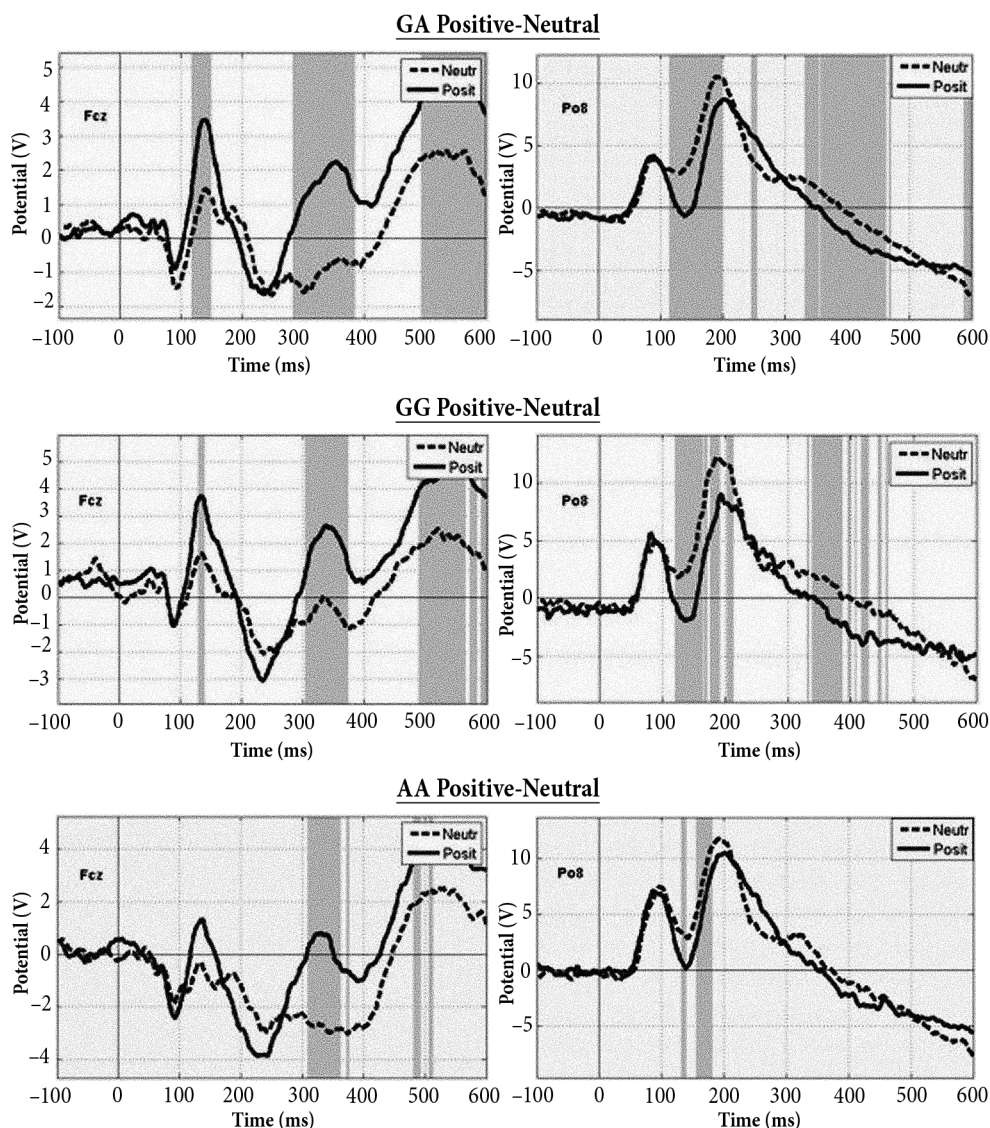


Рис. 4. ВП во фронто-центральных и париетально-окципитальных отведениях в ответ на изображения категорий «позитивные» и «нейтральные» групп испытуемых с разными генотипами полиморфизма Val158Met COMT

Примечание: вертикальными линиями указаны достоверно значимые различия между компонентами ВП в ответ на нейтральные (пунктир) изображения и стимулы группы «позитивные» (сплошная линия), $p \leq 0,001$.

Обсуждение результатов

Таким образом, ген COMT, оказывая влияние на работу мезолимбической подсистемы дофаминовой системы [1, 4], может косвенно влиять на деятельность мозга, направленную на оценку эмоционально окрашенных сцен. Важным является механизм взаимодействия между структурами лимбической системы

(в особенности — миндалиной) и префронтальными отделами коры. Ранее многими исследователями подчеркивалась связь между особенностями строения гена COMT и реактивностью миндалины [5, 8, 9, 15]. Данную мозговую структуру сравнивают со «сторожевой собакой», которая оповещает хозяина обо всех потенциальных угрозах. Задача «хозяина» (префронтальных отделов) заключается в отборе релевантных стимулов и игнорировании иррелевантных. Высокий уровень дофамина в префронтальной коре, вероятно, приводит к невозможности фильтрации стимулов на должном уровне. Большинство раздражителей в одних случаях может восприниматься в качестве эмоционально значимых («собака лает постоянно, и хозяин не в состоянии ее успокоить») [8, 9], а в других — в качестве незначимых (независимо от валентности и смысловой нагрузки, возможной «угрожающей способности» стимулов; «хозяин строго наказывает собаку и не обращает внимания на ее призывы»). Вероятное подтверждение этому мы нашли в ходе анализа ВП на нейтральные и эмоционально окрашенные стимулы разных групп. На основании вышеизложенного мы можем предположить, что обладатели генотипа AA имеют высокую реактивность миндалины и искаженно, неравномерно работающие управляющие функции префронтальных отделов [7], что может влиять на оценку эмоционально значимых стимулов и проявляться в отсутствии достоверных различий в вызванной активности мозга в ответ на нейтральные и эмоционально окрашенные стимулы разных групп. Отметим, что схожие результаты были получены иностранными исследователями, использующими в эксперименте метод ФМРТ [9].

Перспективы исследования

На сегодняшний день не вызывает сомнений факт влияния наследственности на биологические, личностные, психофизиологические особенности человека [1–6]. Однако генотип не является «приговором», в наших силах оказывать корректирующие средовые влияния на целевую группу для того, чтобы научить людей, имеющих неадаптивный вариант набора генов, успешным стратегиям поведения, направленным не только на эффективное приспособление к условиям окружающей среды, но и на конструктивное ее преобразование. Обладателям генотипа AA гена COMT (как и других маркеров, оказывающих значимое влияние на особенности личностной, эмоциональной, когнитивной сфер) необходимо знать о собственных ресурсах (способность к многозадачности в условиях отсутствия стресса, склонность к альтруизму и др.), а также быть предупрежденными о подстерегающих опасностях (большая склонность к развитию тревожных расстройств и аддикций, неадекватные оценка и эмоциональное реагирование на различные стимулы и пр.). На этом основании актуальной становится необходимость для общества проведения молекулярно-генетического мониторинга (скрининга), направленного на выявление групп риска, создание для них особых средовых условий (обучение психологической грамотности, эффективным способам снижения тревоги и совладания со стрессом и др.). Таким образом мы сможем обеспечить профилактику развития психического неблагополучия целевой группы.

Ограничения исследования

Одной из задач нашего исследования выступил поиск достоверно значимых различий в вызванной активности мозга носителей разных генотипов полиморфизма Val158Met в ответ на нейтральные и эмоциогенные стимулы, для чего был использован *t*-критерий Стьюдента. В целях снижения вероятности получения ложноположительного результата нами была применена поправка Холма на множественные сравнения и избран третий уровень значимости, $p \leq 0,001$, в связи с чем мы можем предположить с вероятностью 99,9%, что полученные нами результаты неслучайны. Однако стоит отметить тот факт, что для выполнения задачи по изучению взаимодействия параметров «генотип» и «группа стимулов» могут быть успешно применены другие статистические критерии (в том числе двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA), что позволит расширить возможности исследования.

* * *

Авторы выражают благодарность рецензентам, редакционной коллегии журнала и участникам исследования.

Литература

1. Basic Neurochemistry: Principles of Molecular, Cellular and Medical Neurobiology / ed. by Brady S. T. Elsevier: Academic press, 2012. 1096 p.
2. Орлов Ю. Л., Вишневский О. В., Витяев Е. Е. Биоинформационный анализ экспрессии генов в клетках мозга // Мат-лы XV Всерос- научно-техн. конф. «Нейроинформатика-2013». М.: Изд-во МИФИ, 2013. С. 74–85.
3. Коваленко А. А., Павленко В. Б. Эмоциональная значимость стимула и черты личности: отражение в паттерне вызванных ЭЭГ-потенциалов // Нейрофизиология. 2009. Т. 41, № 4. С. 336–356.
4. Равич-Щербо И. В., Марютина Т. М., Григоренко Е. Л. Психогенетика: Учебник для студентов вузов. М.: Аспект пресс, 2008, 447 с.
5. Montag C., Buckholz J. W., Hartmann P., Merz M., Burk C., Hennig J., Reuter M. COMT genetic variation affects fear processing: psychophysiological evidence // Behavioral neuroscience. 2008. Vol. 122, № 4. P. 901.
6. Ковш Е. М., Воробьева Е. В., Ермаков П. Н. Обзор современных исследований психогенетических факторов агрессивного поведения // Российский психологический журнал. 2014. Т. 11, № 4. С. 91–103.
7. Meyer-Lindenberg A., Kohn P. D., Kolachana B., Kippenhan S., McInerney-Leo A., Nussbaum R., Berman K. F. Midbrain dopamine and prefrontal function in humans: interaction and modulation by COMT genotype // Nature neuroscience. 2005. Vol. 8, N 5. P. 594–596.
8. Drabant E. M., Hariri A. R., Meyer-Lindenberg A., Munoz K. E., Mattay V. S., Kolachana B. S., Weinberger D. R. Catechol O-methyltransferase val158met genotype and neural mechanisms related to affective arousal and regulation // Archives of General Psychiatry. 2006. Vol. 63, N 12. P. 1396–1406.
9. Smolka M. N., Schumann G., Wrase J., Grusser S. M., Flor H., Mann K., Heinz A. Catechol-O-methyltransferase val158met genotype affects processing of emotional stimuli in the amygdala and prefrontal cortex // The Journal of neuroscience, 2005. Vol. 25, N 4. P. 836–842.
10. Силькис И. Г. Роль дофамин-зависимых перестроек активности в цепях кора-базальные ганглии-таламус-кора в зрительном внимании (гипотетический механизм) // Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38, № 4. С. 21–38.
11. Olofsson J. K., Nordin S., Sequeira H., Polich J. Affective picture processing: an integrative review of ERP findings // Biological psychology. 2008. Vol. 77, N 3. P. 247–265.
12. Palomba D., Angrilli A., Mini A. Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli // International journal of psychophysiology. 1997. Vol. 27, N 1. P. 55–67.
13. Delplanque S., Lavoie M. E., Hot P., Silvert L., Sequeira H. Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans // Neuroscience letters. 2004. Vol. 356, N 1. P. 1–4.
14. Rozenkrants B., Olofsson J. K., Polich J. Affective visual event-related potentials: arousal, valence, and repetition effects for normal and distorted pictures // International Journal of Psychophysiology. 2008. Vol. 67, N 2. P. 114–123.

15. Domschke K., Dannlowski U. Imaging genetics of anxiety disorders // *Neuroimage*. 2010. Vol. 53, N 3. P. 822–831.

Для цитирования: Ковш Е. М., Ермаков П. Н., Воробьева Е. В. Особенности вызванной активности мозга при оценке эмоционально окрашенных сцен у девушек с разными генотипами полиморфизма Val158Met (G472A) COMT // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 16. Психология. Педагогика*. 2016. Вып. 3. С. 168–177. DOI: 10.21638/11701/spbu16.2016.315

References

1. *Basic Neurochemistry: Principles of Molecular, Cellular and Medical Neurobiology*. Ed. by S. T. Brady. Elsevier, Academic press, 2012. 1096 p.
2. Orlov Iu. L., Vishnevskii O. V., Vitiaev E. E. Bioinformatsionnyi analiz ekspressii genov v kletkakh mozga [Bioinformatics analysis of gene expression in brain cells]. *Mat-ly XV Vseros- nauchno-tekhn. konf. «Neiroinformatika-2013»* [The materials of the XVth all-Russian scientific-technical conference "Neuroinformatics-2013"]. Moscow, MEPhI Publ., 2013, pp. 74–85. (In Russian)
3. Kovalenko A. A., Pavlenko V. B. Emotsional'naia znachimost' stimula i cherty lichnosti: otrazhenie v patternne vyzvannykh EEG-potentsialov [The emotional significance of the stimulus and personality traits: a reflection in the pattern of ERPs]. *Neurophysiology*, 2009, pp. 336–356. (In Russian)
4. Ravich-Shcherbo I. V., Mariutina T. M., Grigorenko E. L. *Psikhogenetika. Uchebnik dlia studentov vuzov* [Psychogenetics]. Moscow, Aspekt press, 2008. 447 p. (In Russian)
5. Montag C., Buckholtz J. W., Hartmann P., Merz M., Burk C., Hennig J., Reuter M. COMT genetic variation affects fear processing: psychophysiological evidence. *Behavioral neuroscience*, 2008, vol. 122, no. 4, pp. 901.
6. Kovsh E. M., Vorob'eva E. V., Ermakov P. N. Obzor sovremennykh issledovaniy psikhogeneticheskikh faktorov agressivnogo povedeniia [The review of modern researches of psychogenetic factors of aggressive behavior]. *Rossiiskii psikhologicheskii zhurnal* [Russian Psychological Journal], 2014, vol. 11, no 4, pp. 91–103. (In Russian)
7. Meyer-Lindenberg A., Kohn P. D., Kolachana B., Kippenhan S., McInerney-Leo A., Nussbaum R., Berman K. F. Midbrain dopamine and prefrontal function in humans: interaction and modulation by COMT genotype. *Nature neuroscience*, 2005, vol. 8, no. 5, pp. 594–596.
8. Drabant E. M., Hariri A. R., Meyer-Lindenberg A., Munoz K. E., Mattay V. S., Kolachana B. S., Weinberger D. R. Catechol O-methyltransferase val158met genotype and neural mechanisms related to affective arousal and regulation. *Archives of General Psychiatry*, 2006, vol. 63, no. 12, pp. 1396–1406.
9. Smolka M. N., Schumann G., Wrase J., Grusser S. M., Flor H., Mann K., Heinz A. Catechol-O-methyltransferase val158met genotype affects processing of emotional stimuli in the amygdala and prefrontal cortex. *The Journal of neuroscience*, 2005, vol. 25, no. 4, pp. 836–842.
10. Sil'kis I. G. Rol' dofamin-zavisimykh perestroek aktivnosti v tsepiakh kora-bazal'nye ganglii-talamus-kora v zritel'nom vnimanii (gipoteticheskii mekhanizm) [The role of dopamine-dependent rearrangements of activity in circuits cortex-basal ganglia-thalamus-cortex in visual attention (hypothetical mechanism)]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* [Advances of Physiological Sciences], 2007, vol. 38, no. 4, pp. 21–38. (In Russian)
11. Olofsson J. K., Nordin S., Sequeira H., Polich J. Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biological psychology*, 2008, vol. 77, no. 3, pp. 247–265.
12. Palomba D., Angrilli A., Mini A. Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International journal of psychophysiology*, 1997, vol. 27, no. 1, pp. 55–67.
13. Delplanque S., Lavoie M. E., Hot P., Silvert L., Sequeira H. Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neuroscience letters*, 2004, vol. 356, no. 1, pp. 1–4.
14. Rozenkrants B., Olofsson J. K., Polich J. Affective visual event-related potentials: arousal, valence, and repetition effects for normal and distorted pictures. *International Journal of Psychophysiology*, 2008, vol. 67, no. 2, pp. 114–123.
15. Domschke K., Dannlowski U. Imaging genetics of anxiety disorders. *Neuroimage*, 2010, vol. 53, no. 3, pp. 822–831.

For citation: Kovsh E. M., Ermakov P. N., Vorob'eva E. V. Peculiarities of the evoked brain activity in ranking the emotionally charged scenes by women with different genotypes of Val158Met (G472A) COMT polymorphism. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 16. Psychology. Education*, 2016, issue 3, pp. 168–177. DOI: 10.21638/11701/spbu16.2016.315

Статья поступила в редакцию 11 мая 2016 г.